

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP 2004/003566

17. 3. 2004

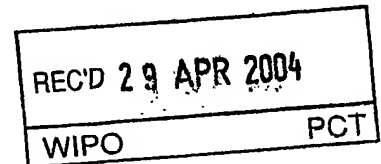
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 1 7 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 7 2 2 4 4
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 7 2 2 4 4]

出 願 人 山 洋 電 気 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

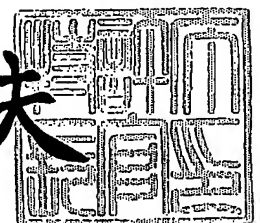


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 4 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 3 1 2 0 4

【書類名】 特許願

【整理番号】 SAN0213

【提出日】 平成15年 3月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G05D 3/12

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都豊島区北大塚一丁目 1 5 番 1 号 山洋電気株式会社
社内

 【氏名】 井出 勇治

【特許出願人】

 【識別番号】 000180025

 【住所又は居所】 東京都豊島区北大塚一丁目 1 5 番 1 号

 【氏名又は名称】 山洋電気株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100091443

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 西浦 ▲嗣▼晴

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 076991

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9712865

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 モータの速度制御装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 制御対象であるモータの位置を検出する位置検出部と、
前記位置検出部により検出されたモータの位置から前記モータの速度を算出する速度算出部と、

比例積分制御により、前記速度算出部からフィードバックされた前記速度と速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う速度制御部と、

前記トルク指令に基づいてトルク制御を行うトルク制御部とを備えたモータの速度制御装置において、

前記速度制御部が、

速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度積分補償ローパスフィルタと、

前記速度指令を前記速度積分補償ローパスフィルタに入力して得た遅延速度指令と前記速度との速度偏差を積分する速度積分器を含んで構成された積分制御系と、

前記速度指令と前記モータの速度との差に比例した指令を出力する比例制御系と、

前記積分制御系の出力と前記比例制御系の出力とを加算する加算手段と、

前記加算手段の出力に速度比例ゲインを乗じて前記トルク指令を得る乗算手段とから構成されていることを特徴とするモータの速度制御装置。

【請求項 2】 制御対象であるモータの位置を検出する位置検出部と、

前記位置検出部により検出されたモータの位置から前記モータの速度を算出する速度算出部と、

比例積分制御により、前記速度算出部からフィードバックされた前記速度と速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う速度制御部と、

前記トルク指令に基づいてトルク制御を行うトルク制御部とを備えたモータの速度制御装置において、

前記速度制御部が、

速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度積分補償ローパスフィルタと、

前記速度指令を前記速度積分補償ローパスフィルタに入力して得た遅延速度指令と前記速度との速度偏差を積分する速度積分器を含み制御系中の演算値に速度比例ゲインを乗じて出力する積分制御系と、

前記速度指令と前記速度との差に速度比例ゲインを乗じた指令を出力する比例制御系と、

前記積分制御系の出力と前記比例制御系の出力とを加算する加算手段とから構成されていることを特徴とするモータの速度制御装置。

【請求項 3】 前記位置検出部の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、前記トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数を有する速度フィードバック・ローパスフィルタを更に備え、

前記比例制御系は、前記速度を前記速度フィードバック・ローパスフィルタに入力して得たフィルタ処理後の速度と前記速度指令との偏差を求める減算手段を含んでいることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のモータの速度制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、工作機械などに使用されるモータの速度制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来のモータの速度制御装置としては、図 5 に示すような制御装置がある（特開平 10-254550 号公報の図 1 参照）。この装置では速度指令とエンコーダ E から出力された位置フィードバックを速度算出部 2 で変換して得た速度フィードバックと速度指令との偏差を、速度制御部 3 に含まれる減算器 S B で算出する。この偏差は、速度制御部 3 内で処理され、速度制御部 3 はトルク制御部 4 にトルク指令を出力する。トルク制御部 4 は、トルク指令通りのトルクがモータ M から出力されるようにモータに流れる電流を制御する。

【0003】

通常、この装置における速度制御部3は比例積分制御（P I 制御）部で構成されている。このP I 制御部では、速度指令と速度フィードバックの偏差を減算器SBで算出し、その偏差をゲイン1の比例制御系を通して加算器ADに入力する。積分制御系では、乗算器31で偏差に積分ゲインを乗算した後、この偏差を速度積分器32で積分して加算器ADに入力する。加算器ADは、比例制御系の出力と積分制御系の出力とを加算して、乗算器33へと出力し、乗算器33は加算器AD出力に比例ゲインを乗算してトルク指令として出力する。このように、速度制御部3をP I 制御部で構成することにより、速度の過渡偏差のみならず、定常偏差も抑制できる。また、この速度偏差の積分項により、モータに加わる外乱抑圧能力を向上させている。

【0004】

【特許文献1】 特開平10-254550号公報（図1）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

一般的に、制御系の応答は有限であり、速度指令を出力しても速度フィードバックが応答するには時間がかかる。速度指令が出力されてモータは回転し始めるが、速度指令が出力されてから速度フィードバックが応答するまでの間（速度指令に対応する速度フィードバックが現れるまでの間）、速度積分器32は積算を行ってしまう。そしてモータMが一定速で回転している間に、この積算値は減少する。しかしながらモータMの減速時にまた積算が行われ、残った積算値がすべて吐き出されてからモータMは停止する。このため、従来の制御装置では、速度指令が0になった後でも、速度積分器の溜り量の分、速度の応答が遅くなっていた。その結果、速度フィードバックにオーバーシュートが発生するため、速度積分ゲインを高くできないという問題があった。

【0006】

本発明は、上記課題を解消するためになされたものであり、その目的は、オーバーシュートが少なく、高速で外乱抑圧能力に優れた速度制御装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は制御対象であるモータの位置を検出する位置検出部と、位置検出部により検出されたモータの位置からモータの速度を算出する速度算出部と、比例積分制御により、速度算出部からフィードバックされた速度と速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う速度制御部と、トルク指令に基づいてトルク制御を行うトルク制御部とを備えたモータの速度制御装置を改良の対象とする。

【0008】

本発明のモータの速度制御装置においては、速度制御部を、速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度積分補償ローパスフィルタと、速度指令を速度積分補償ローパスフィルタに入力して得た遅延速度指令と速度との速度偏差を積分する速度積分器を含んで構成された積分制御系と、速度指令とモータの速度との差に比例した指令を出力する比例制御系と、積分制御系の出力と比例制御系の出力とを加算する加算手段と、加算手段の出力に速度比例ゲインを乗じてトルク指令を得る乗算手段とから構成する。なお比例制御系において速度比例ゲインを速度偏差に乗算し、積分制御系において制御中の演算値に速度比例ゲインを乗じて出力するようにしてもよい。

【0009】

本発明のように速度積分補償ローパスフィルタを用いれば、速度制御系の遅れに相当する遅れを持った速度指令と実際に遅れている速度フィードバックの速度との偏差はゼロに近いものとなる。そのため速度積分器の溜まり量をほぼゼロにして、速度フィードバックのオーバーシュートを低減することができる。

【0010】

位置検出部（例えばエンコーダ）の精度が悪い場合には、量子化誤差や位置誤差が原因になったリップルが速度フィードバックに含まれることがある。そこでこのような場合に対処するためには、位置検出部の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数を有する速度フィードバック・ローパスフィルタを設けるのが好ましい。こ

の場合には、速度を速度フィードバック・ローパスフィルタに入力して得たフィルタ処理後の速度と速度指令との偏差を求める減算手段を含んで比例制御系を構成する。なお位置検出部として、精度及び分解能の高いものを用いれば、位置誤差も小さくなるため、このような構成を採用する必要はない。

【0011】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明で用いる速度制御装置の具体的な構成の一例を示すブロック図である。図1のシステム構成は、速度制御部13の構成が相違する点と速度フィードバック・ローパスフィルタ135を備えている点を除いては、図5の従来の構成と実質的に変わるところがない。

【0012】

このシステムは、制御対象であるモータMの位置を検出する位置検出部としてエンコーダEを備えている。エンコーダEの出力が、モータの出力軸の位置を示す位置フィードバックである。速度算出部2は、エンコーダEの出力に基づいてモータの速度を算出するように構成されており、速度算出部2の出力が速度フィードバックとなっている。速度フィードバックが、モータMの出力軸の速度を示している。

【0013】

速度制御部13は、比例積分制御により、速度算出部2からフィードバックされた速度と速度指令とが一致するようにトルク指令を出力して速度制御を行う。図1に示すように、本実施の形態の速度制御部13は、速度制御系の遅れに相当する伝達関数 $(1/(1+ST_c))$ を有する速度積分補償ローパスフィルタ133を備えている。また速度制御部13は、速度指令を速度積分補償ローパスフィルタ133に入力して得た遅延速度指令と速度との速度偏差を減算手段SB2で求め、この速度偏差に積分ゲイン $(1/T_{vi})$ を乗算する乗算手段131と、乗算手段131の出力を積分する速度積分器132を含んで構成された積分制御系136と、速度指令と速度フィードバックとの偏差を減算手段SB1でとり、その偏差に比例した指令を出力する比例制御系137とを含んでいる。そして速度制御部13は、積分制御系136の出力と比例制御系137の出力とを加算

手段AD1で加算したものに速度比例ゲインKVPを乗じてトルク指令として出力する乗算手段134を更に備えている。以上の構成が基本構成であるが、この例では、エンコーダ（位置検出部）の量子化誤差及び／または位置誤差が原因となって発生するリップルが、トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数（ $1/(1+STFB)$ ）を有する速度フィードバック・ローパスフィルタ135を更に備えている。またこの場合、比例制御系137は、速度を速度フィードバック・ローパスフィルタ135に入力して得たフィルタ処理後の速度と速度指令との偏差を求める減算手段SB1を含んでいる。

【0014】

この例では、速度指令を速度積分補償ローパスフィルタ133に通したものと速度フィードバックとの差を減算手段SB2でとり、速度積分ゲイン（ $1/Tvi$ ）を乗算して速度積分器132に通す。また速度指令と、速度フィードバックを速度フィードバック・ローパスフィルタ135に通したものの差を減算手段SB1でとり、速度積分器132の出力と加算手段AD1により加算する。そして最後に、速度比例ゲイン（KVP）を乗算してトルク制御部4にトルク指令を出力する。トルク制御部4は、トルク指令通りのトルクが出力されるように電流を制御する。

【0015】

前述の速度フィードバック・ローパスフィルタ135は、エンコーダEの量子化誤差や位置誤差によるリップルを抑制するフィルタである。このフィルタは、比例制御系137のフィードバックにのみ挿入し、リップル分がトルク指令に現れないようにする機能を果す。積分制御系136では、速度積分器132が平滑作用を行うため、このようなフィルタは不要である。

【0016】

速度積分補償ローパスフィルタ133は、速度制御系の遅れに相当する時間を設定し、遅れ補償出力と速度フィードバックとがほぼ同等の立ち上がりになるようにし、速度指令変化時の速度積分器132の溜り量を低減する。このように速度制御部13を構成することにより、速度フィードバックに含まれるリップルの制御と、速度指令変化時の速度積分器132の溜り量の低減を同時に達成するこ

とができる。

【0017】

なお、エンコーダEの量子化誤差が小さい場合は、速度フィードバック・ローパスフィルタ135は不要である。また、速度積分補償ローパスフィルタ133は、速度制御系の遅れを模擬する伝達関数であれば、どのようなものでもよく、本実施の形態の伝達関数に限定されるものではない。

【0018】

図2は、図1の速度制御装置において速度制御部13を変形した速度制御部13'を含む場合のブロック図である。図1の速度制御部13と速度制御部13'とを対比すると、図2の速度制御部13'では速度比例ゲインKVPの乗算手段134'が比例制御系137'の内部にある点（加算手段AD1の前に挿入されている点）と、積分制御系136'において速度比例ゲインKVPを演算値に乗算するために、乗算手段131'の伝達関数を乗算手段131'が KVP/T_v の乗算を行うように変更している点で前者の速度制御部13とは構成が相違する。このようにしても図1の速度制御部13と同様の作用効果を得ることができる。

【0019】

図3及び図4は、図1に示した制御系における速度指令ステップ応答をシミュレーションした結果の一例である。それぞれの図で縦軸は上図(A)が速度指令と速度フィードバックを、下図(B)が速度積分器出力を示す。全て同じ速度のスケールであり、同一速度値を基準として10に規格化した値を示している。横軸は全て時間で0.01秒単位になっている。図3は速度積分補償ローパスフィルタ133を入れない場合であり、図4は速度積分補償ローパスフィルタ133を挿入した場合のシミュレーションの結果である。図3(A)と図4(A)のいずれにおいても、階段状の波形の方が速度指令を、それより遅れて立ち上がる波形の方が速度フィードバックを示している。いずれの図においても、速度指令の階段状の立ち上がりに対して、速度フィードバックの立ち上がりは、0.01秒の $1/3 \sim 1/2$ 程度遅れている。これらの遅れ時間は速度制御系の時間応答の遅れを示している。速度積分補償ローパスフィルタ133を入れない場合は、図

3 (B) に示すように速度積分器 132 の出力は速度フィードバックの立ち上がりの領域で小さなピークを示す。この領域では速度指令と速度フィードバックの偏差が存在していて、速度偏差の積分が溜まっている状態を示している。即ちこのような速度フィードバックの立ち上がり時間における速度積分器出力の小さなピークはこの時間内に速度偏差が溜まった溜まり量を示している。このような溜まり量によって速度フィードバックは、図 3 (A) に示すように値 12 程度までオーバーシュートする。速度積分器の出力が 0 に収束する時間領域では、図 3 (A) に示すように速度フィードバックのオーバーシュートも速度指令の値 10 に収束している。このような速度フィードバックの立ち上がり点で速度積分器 132 の溜まり量が増加することからわかるように、モータ加減速に伴い速度積分器 132 の溜まり量変動する。

【0020】

次に速度積分補償ローパスフィルタ 133 を挿入した場合の結果を図 4 に示す。この場合は図 4 (A) に示す階段状の速度指令が速度積分補償ローパスフィルタ 133 を通過して、遅延速度指令として出力され、この遅延速度指令の立ち上がりが、図 4 (A) に示す速度フィードバックの立ち上がりと同じ程度の遅れになるように調節する。このように遅延速度指令と、速度フィードバックとの偏差が減算手段 SB2 で作られて、乗算手段 131 で $1/T_{vi}$ 倍され、速度積分器 132 で積分される。この場合、減算手段 SB2 で作られるこれらの偏差は遅延速度指令と速度フィードバックの立ち上がり領域において十分に小さくなっていて、図 4 (B) に示すように速度積分器 132 における速度偏差の溜まり量は小さなピークを示し、それ以後はほぼ 0 に近い一定値を保っている。この場合、速度積分器 132 の溜まり量の小さなピークの高さは、図 3 (B) の場合に比べて大変小さなもので、ほとんど無視できる程度にとどまっている。また速度フィードバックは図 4 (A) に示すように速度指令の値 10 以上へのオーバーシュートはなく、急速に速度指令と同じ値 10 に収束する。

【0021】

このように本制御装置では、速度積分補償ローパスフィルタ 133 を挿入することによって、モータ回転中の速度積分器 132 の溜り量を 0 に近い値に小さく

できるため、その分積分ゲインを上げることができ、外乱抑圧能力を向上させることができる。速度フィードバック・ローパスフィルタ 135 は、本発明の実施の形態で示すような時間に関して指数関数的に減衰するローパスフィルタで構成する他に、速度の応答特性の実測値あるいは理論値を模擬するような一般的な関数形の伝達関数で構成してもよい。

【0022】

【発明の効果】

本発明によれば、速度積分補償ローパスフィルタを用いているので、速度制御系の遅れに相当する遅れを持った速度指令と実際に遅れている速度フィードバックの速度との偏差をゼロに近いものとすることができ、速度積分器の溜まり量をほぼゼロにすることができる。このように本制御装置の適用により、速度積分器の溜り量を小さくできるため、簡単な構成で、オーバーシュートが少なく、その分積分ゲインを上げることができ、高速で外乱抑圧能力に優れた速度制御装置が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明で用いる速度制御装置の具体的な構成の一例を示すブロック図である。

【図 2】

本発明で用いる他の速度制御装置の具体的な構成の一例を示すブロック図である。

【図 3】

速度積分補償ローパスフィルタを入れる場合のシミュレーション結果を示す図である。

【図 4】

速度積分補償ローパスフィルタを入れない場合のシミュレーション結果を示す図である。

【図 5】

従来の速度制御装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

E エンコーダ

2 速度算出部

3, 1 3 速度制御部

4 トルク制御部

1 3 1, 1 3 4、1 3 1'、1 3 4' 乗算手段

1 3 2 速度積分器

1 3 3 速度積分補償ローパスフィルタ

1 3 5 速度フィードバック・ローパスフィルタ

1 3 6、1 3 6' 積分制御系

1 3 7、1 3 7' 比例制御系

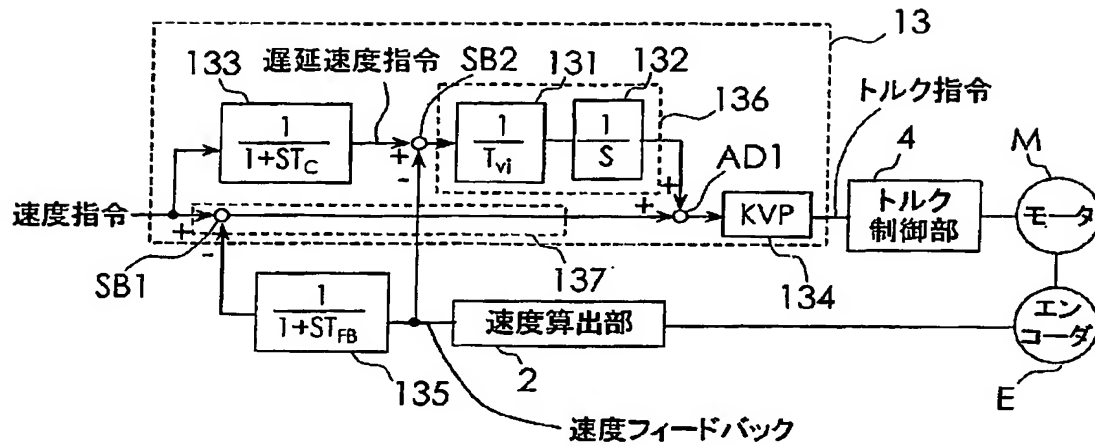
A D 1 加算手段

S B 1, S B 2 減算手段

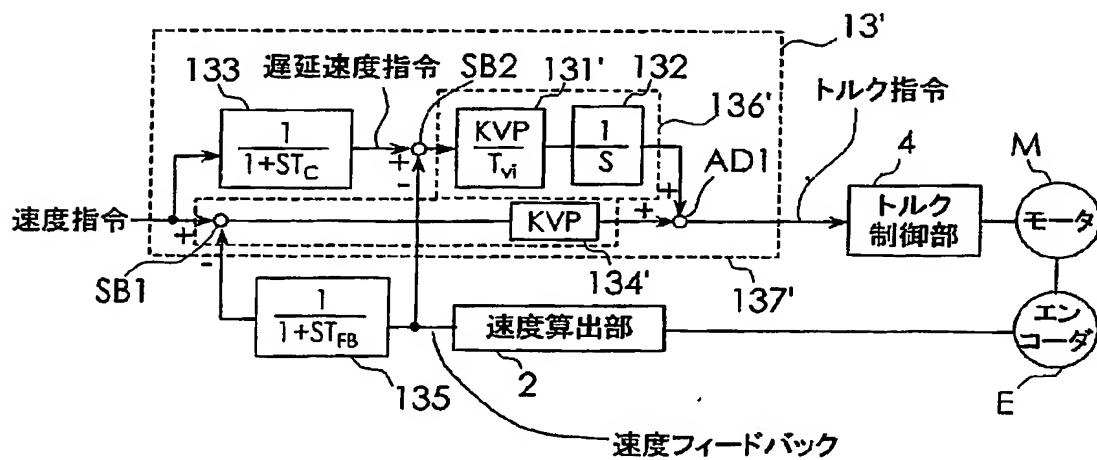
K V P 速度比例ゲイン

【書類名】 図面

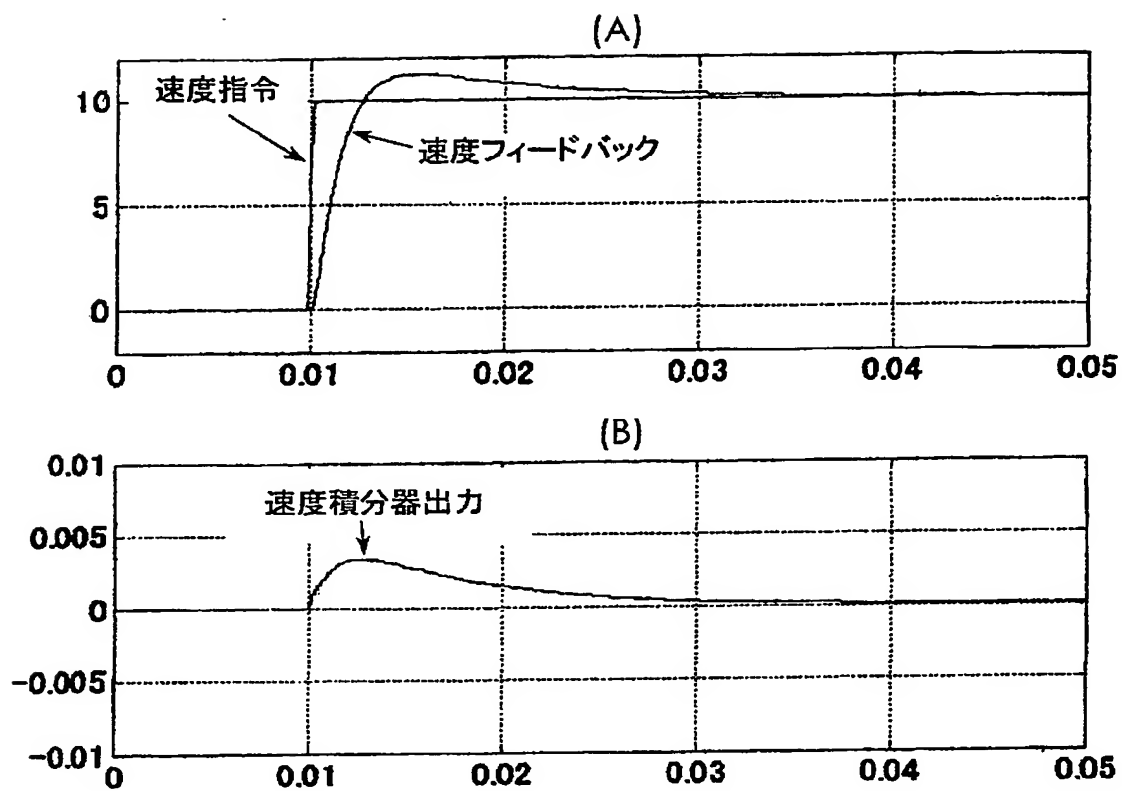
【図 1】



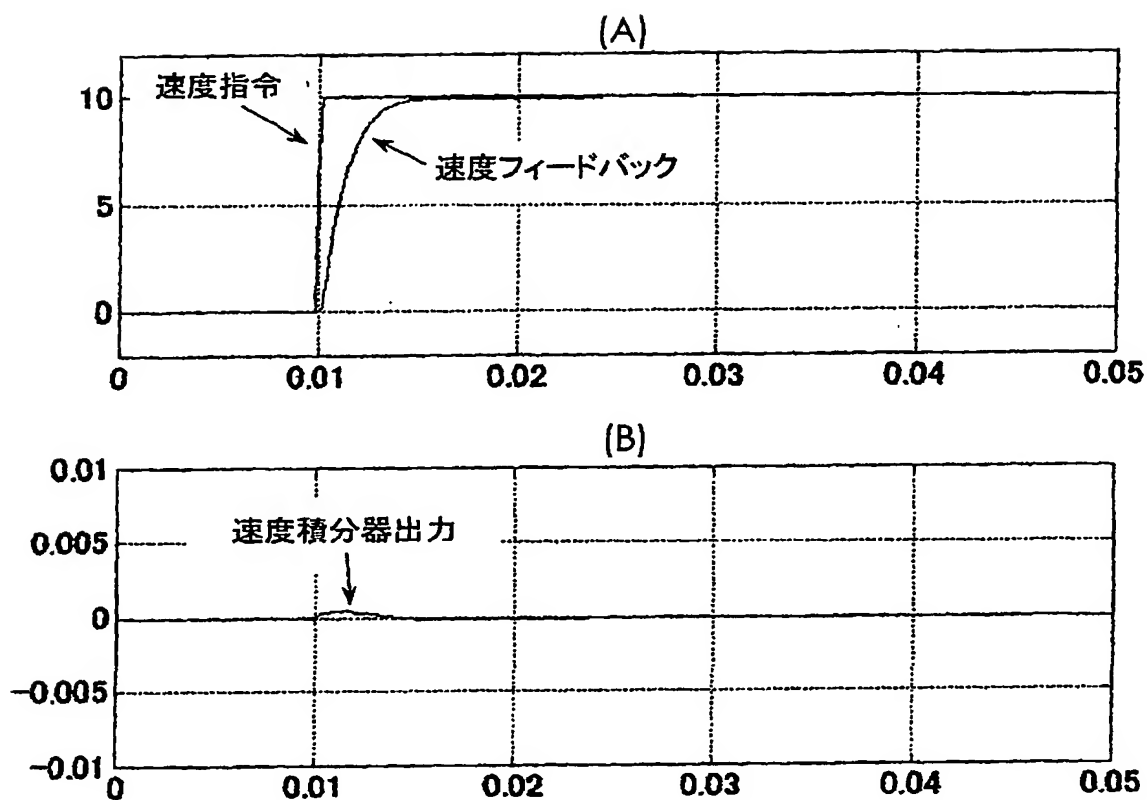
【図 2】



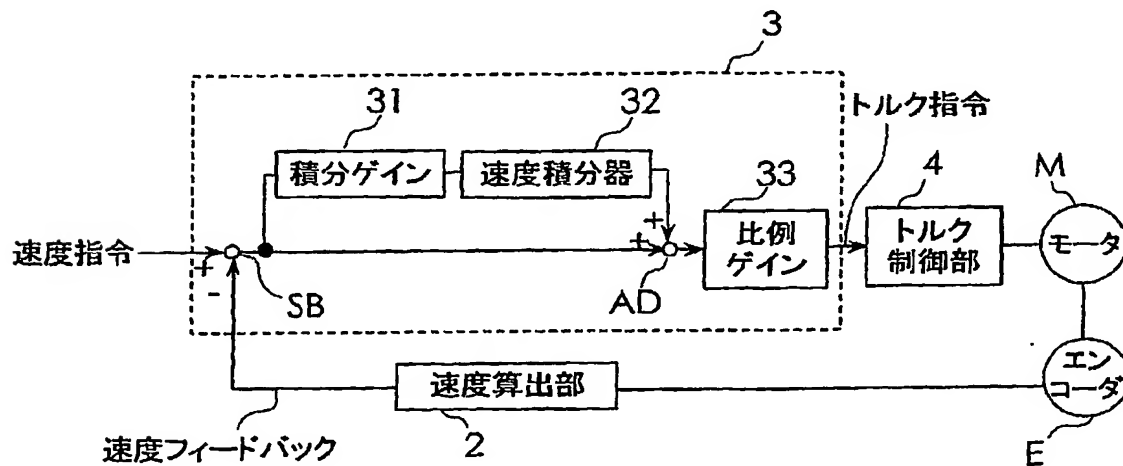
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 簡単な構成で、高速でもオーバーシュートが少なく、外乱抑圧能力に優れた速度制御装置を提供する。

【解決手段】 速度制御部 13 を、速度制御系の遅れに相当する伝達関数を有する速度積分補償ローパスフィルタ 133 と、速度指令を速度積分補償ローパスフィルタ 133 に入力して得た遅延速度指令と速度との速度偏差を積分する速度積分器 132 を含んで構成された積分制御系 136 と、速度指令と速度の偏差に比例した指令を出力する比例制御系 137 と、積分制御系 136 の出力と比例制御系 137 の出力とを加算したものに速度比例ゲインを乗じてトルク指令として出力する乗算手段 134 とから構成する。トルク制御部 4 は速度制御部 13 から出力されたトルク指令に従ってモータの速度が速度指令に一致するように制御する。エンコーダ E の位置検出に起因するリップルが、トルク指令に現れるのを阻止する伝達関数を有する速度フィードバック・ローパスフィルタ 135 を設ける。

【選択図】 図 1

特願 2003-072244

ページ： 1/E

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000180025]

1. 変更年月日

2000年 8月31日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都豊島区北大塚一丁目15番1号

氏 名

山洋電気株式会社

This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images
problems checked, please do not report the
problems to the IFW Image Problem Mailbox**